



BIOTECNOLOGÍA Y LA LIMPIEZA DEL AMBIENTE

El hombre y el medio ambiente

Las actividades humanas impactan sobre el medio ambiente. Algunos de estos efectos son positivos, como la reforestación o el mejoramiento de especies. Sin embargo, otras actividades pueden tener consecuencias negativas sobre el entorno y afectar la vida de una población. Entre ellas, existen actividades industriales que debido a un mal manejo de sus productos, generan sustancias que contaminan el ambiente. Entre estos efectos adversos se puede mencionar la contaminación por el uso de grandes cantidades de pesticidas, de metales tóxicos y ácido sulfúrico, y las contaminaciones por derrames de petróleo.

Un ejemplo lo constituyen algunas industrias químicas que producen compuestos cuya estructura química difiere de los compuestos naturales, y que son utilizados como refrigerantes, disolventes, plaguicidas, plásticos y detergentes. El problema principal de estos compuestos es que son resistentes (recalcitrantes) a la biodegradación. Es decir que no se degradan naturalmente por la acción de los microorganismos o lo hacen muy lentamente, por lo cual se acumulan y persisten en el ambiente.

La acumulación de contaminantes genera la dispersión de estos compuestos en el aire, el suelo, las aguas superficiales, con la consecuente filtración de los mismos hacia las aguas subterráneas, que constituyen la reserva de agua para consumo humano.

¿Cómo se puede solucionar este problema?

Una respuesta a esta pregunta es la *remediación*, que consiste en el uso de procesos de degradación, biológicos o químicos, para eliminar sustancias contaminantes que han sido vertidas en el medio ambiente.

Los procesos de remediación pueden efectuarse *In situ* (en el mismo lugar donde se ha originado la contaminación) o *Ex situ* (separando la porción contaminada y trasladándola a un reactor para ser tratada).

La remediación mediante métodos químicos consiste básicamente en utilizar las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes (por ejemplo, metales pesados) para destruirlos o aislarlos del entorno, mediante el agregado de otras sustancias al ambiente. Este proceso implica costos muy altos, y no siempre es muy efectivo.

Los métodos biológicos de remediación emplean organismos vivos que se agregan, junto con ciertos nutrientes, en los ambientes contaminados. La descontaminación se produce debido a la capacidad natural que tiene ciertos organismos de transformar moléculas orgánicas en sustancias más pequeñas, que resultan menos tóxicas. De esta forma, reducen la polución del aire o de los sistemas acuáticos y terrestres. Al proceso de "limpieza" del ambiente mediante el empleo de organismos se lo denomina *biorremediación*.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Entre los organismos utilizados para este fin se encuentran preferentemente los microorganismos y también las plantas. La biorremediación mediante el empleo de plantas se denomina *fitorremediación*.

Microorganismos que limpian el medio ambiente

En sus procesos metabólicos, los microorganismos transforman los nutrientes que obtienen del ambiente en sustancias más simples, y en este proceso obtienen materia y energía que utilizan para su subsistencia.

El hombre ha aprendido a aprovechar estos procesos metabólicos de los microorganismos para obtener diferentes productos de utilidad. De esta forma, los microorganismos que pueden degradar compuestos tóxicos para el ambiente y convertirlos en compuestos inocuos o menos tóxicos, se aprovechan en el proceso de biorremediación. Existen, por ejemplo, microorganismos capaces de nutrirse a partir de hidrocarburos, detergentes o bifenilos policlorados, de manera que su metabolismo los convierte en productos inocuos para el medio ambiente.

La gran diversidad de microorganismos existente ofrece muchos recursos para limpiar el medio ambiente y, en la actualidad, esta área está siendo objeto de intensa investigación. Se han aislado de la naturaleza varios tipos de microorganismos que consumen vertidos de petróleo y otras sustancias tóxicas, tanto directamente en el sitio mismo del vertido como después de que los materiales tóxicos hayan sido difundido por los suelos o alcanzado las aguas subterráneas.

Condiciones para la biorremediación

La selección del método de biorremediación a utilizar depende de varios factores: los microorganismos presentes en el medio contaminado, la concentración y toxicidad del contaminante y las condiciones del medio.

Para que la biorremediación tenga lugar, los microorganismos utilizados deben presentar una actividad adecuada. Para lograrlo se deben generar las condiciones ambientales óptimas (nutrientes, temperatura, oxígeno, etc.) que favorezcan el crecimiento de la población de microorganismos. Esto, a su vez, provocará un aumento en la velocidad de biodegradación de los compuestos contaminantes, y con ello la detoxificación del medio.

La biorremediación puede tener lugar bajo condiciones aerobias o anaerobias (en presencia o en ausencia de oxígeno gaseoso, respectivamente).

En algunos casos, se utilizan los microorganismos presentes en forma natural en el ambiente contaminado, o *microorganismos autóctonos*. En estos casos se deben mejorar los factores ambientales mediante el agregado de nutrientes como nitrógeno (N) o fósforo (P) para que los microorganismos crezcan a mayor velocidad. A este proceso se lo llama *fertilización o bioestimulación*.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



En cambio, cuando la actividad microbiana necesaria no se encuentra en el ambiente contaminado en forma natural, se deben añadir microorganismos de otras fuentes. A esta tecnología se la denomina *bioaumentación*.

En términos generales en la biorremediación de hidrocarburos en agua se utilizan bacterias, levaduras y algas verdes, mientras que en la biorremediación de hidrocarburos en suelo intervienen hongos, bacterias y protozoos.

Ingeniería genética y biorremediación

Existen contaminantes difíciles de degradar en la naturaleza, para los cuales no se han encontrado hasta el día de hoy microorganismos capaces de transformarlos. La ingeniería genética puede ofrecer una solución a este problema, que consiste en el desarrollo de **microorganismos genéticamente modificados** (transgénicos) capaces de eliminar aquellos materiales que son difíciles de degradar naturalmente, convirtiéndose así en mejores agentes de biorremediación. Es decir que los microorganismos transgénicos serían capaces de transformar los contaminantes en productos ambientalmente más seguros.

En los últimos años se están realizando numerosas investigaciones que consisten básicamente en buscar las enzimas que son eficientes en el tratamiento de compuestos tóxicos y luego insertar, mediante ingeniería genética, los genes que codifican para dichas enzimas en los microorganismos que realizarán la biorremediación, y que no los poseen naturalmente (*para revisar las técnicas de ingeniería genética ver los Cuadernos n°4, 30 y 34*).

El objetivo es mejorar en el laboratorio a los microorganismos capaces de degradar o inmovilizar los compuestos indeseados en la naturaleza. Por ejemplo, se pueden lograr bacterias con genes añadidos que inmovilicen metales pesados (cobre, zinc, plomo, cromo, entre otros) de manera que no sean tóxicos o bacterias que degraden contaminantes industriales que actualmente no son biodegradables.

Desarrollos actuales y futuros

A continuación se mencionan algunos de los desarrollos biotecnológicos que se están llevando a cabo para el mejoramiento de los microorganismos empleados en la biorremediación:

- ü Bacterias *Pseudomonas* transgénicas que son capaces de degradar compuestos tóxicos que contienen cloro (como el vinilcloruro) en compuestos menos nocivos.
- ü Bacterias capaces de degradar algunos de los componentes del petróleo, con la perspectiva de llegar a conseguir microorganismos que, liberados en una marea negra, limpien el agua contaminada.
- ü Bacterias capaces de reducir las formas altamente tóxicas de mercurio en otras menos tóxicas y volátiles.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- ü Bacterias que transforman metales del suelo en formas menos tóxicas o insolubles. Por ejemplo: la reducción de cromo (Cr).
- ü Microorganismos capaces de degradar TNT, un explosivo de gran potencia y muy agresivo para el entorno.
- ü Bacterias que pueden eliminar el azufre de los combustibles fósiles, como en el caso del carbón o del petróleo, con el fin de favorecer combustiones más limpias.
- ü La utilización de la bacteria *Deinococcus radiodurans* para eliminación de elementos radiactivos presentes en el suelo y aguas subterráneas. Este microorganismo es un extremófilo que resiste condiciones extremas de radiación, sequedad, agentes oxidantes y diversos compuestos mutagénicos.
- ü *Cianobacterias* a las que se le han introducido genes de bacterias *Pseudomonas* con capacidad de degradar diferentes hidrocarburos o pesticidas.
- ü Bacterias transgénicas que se usan para extraer metales valiosos a partir de residuos de fábricas o de minas, o para eliminar los vertidos de petróleo, o el sulfuro causante de la lluvia ácida que producen las centrales energéticas de carbón.

ACTIVIDADES

OBJETIVOS:

- Rever los conceptos introducidos en la sección teórica.
- Repasar la función que cumplen los microorganismos en la naturaleza y su utilización en el proceso de biorremediación.
- Aplicar los conocimientos de biotecnología para proponer la resolución de problemas de contaminación ambiental.
- Leer y analizar artículos periodísticos referidos al tema e interpretarlos a partir de la información que aporta el Cuaderno.

DESTINATARIOS:

El tema abordado en este cuaderno está destinado principalmente a alumnos del tercer ciclo de EGB, pudiéndose aplicar al área de educación tecnológica. El mismo se encuentra relacionado con diversos contenidos curriculares, tales como: el ciclo de la materia y la función de los microorganismos en el ecosistema, la utilidad de los microorganismos en las actividades humanas y el mejoramiento del medio ambiente.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Asimismo, este tema puede ser tratado con alumnos de nivel Polimodal al relacionarlo con el estudio de la contaminación ambiental y sus posibles soluciones; las aplicaciones tecnológicas en ambientes naturales; el impacto ambiental y la salud; el metabolismo celular y el estudio de microorganismos.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

El tema abordado en este cuaderno muestra las múltiples aplicaciones de los microorganismos y su relación con el medio ambiente. Es importante aclarar con los alumnos que los microorganismos no actúan “intencionalmente” en beneficio del hombre, sino que incorporan las sustancias del entorno como el resto de los seres vivos, lo que les permite nutrirse y sobrevivir. La utilidad de los microorganismos para otras aplicaciones es producto del aprovechamiento que el hombre hace de ellos en beneficio propio.

El empleo de gráficos, tablas, artículos de divulgación científica y periodísticos en el abordaje de estos temas permite que los alumnos integren los conocimientos previos con los adquiridos, reflexionen sobre situaciones problemáticas reales y puedan comprender la utilización de ciertos conocimientos básicos (como el metabolismo de los microorganismos) para el desarrollo de técnicas utilizadas en el mejoramiento y recuperación del medio ambiente. Se sugiere trabajar en conjunto con profesores de química los conceptos vinculados a los metales y otros compuestos químicos que se nombran en este Cuaderno, y con el área de matemática el análisis de gráficos que se presentan en las actividades.

Respecto del uso de artículos periodísticos es interesante analizar el texto completo, incluido el título, el copete, el texto central, los recuadros, las infografías, las fotos y sus epígrafes y las ilustraciones. Es importante que los artículos sean trabajados y analizados en clase, e incorporados como parte de los contenidos a ser evaluados, al igual que otros textos escolares. De lo contrario pierden valor como recurso de enseñanza.

Si es posible, resulta muy enriquecedor analizar la misma noticia difundida por dos medios diferentes y comparar algunos de los aspectos mencionados previamente para examinar la selección, jerarquización, interpretación y tratamiento que diferentes medios pueden dar a una misma información. En algunos casos los artículos que difunden las revistas de divulgación científica pueden resultar extensos o complejos para que sean leídos y analizados en su totalidad por los alumnos. En tal caso, los docentes pueden seleccionar partes de esos artículos para trabajarlos con los alumnos. (La edición N° 37 de El Cuaderno incluye una guía para el análisis de artículos periodísticos)

ACTIVIDAD 1. Diferenciar conceptos

A partir de la lectura del texto, se propone *diferenciar* el significado de los términos que se incluyen en cada par:

1. inocuo / tóxico

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



2. recalcitrante / biodegradable
3. degradación química / degradación biológica
4. remediación in situ / ex situ

ACTIVIDAD 2. Relacionar conceptos

A continuación se presentan tres puntos que incluyen dos o tres conceptos cada uno. Se propone redactar para cada ítem un texto breve (de entre 6 y 8 líneas) en el cual estén relacionados los conceptos que allí aparecen.

Nota para el docente: este ejercicio, que se puede aplicar a cualquier tema y disciplina, tanto al nivel de EGB como Polimodal, y resulta muy útil para evaluar la capacidad de los alumnos de sintetizar en un espacio limitado los conceptos estudiados. Es importante que los alumnos puedan respetar la consigna en cuanto al espacio que debe ocupar su respuesta y en cuanto a relacionar (no definir, ni diferenciar) los conceptos. La resolución de este ejercicio requiere de una comprensión clara de los conceptos estudiados. En caso de considerarlo necesario, el docente puede seleccionar otros conceptos en esta actividad, según el nivel de los alumnos.

1. remediación/ biorremediación/ fitorremediación
2. biorremediación /ingeniería genética
3. biorremediación / bioestimulación / bioaumentación

ACTIVIDAD 3. Biorremediación y representaciones gráficas

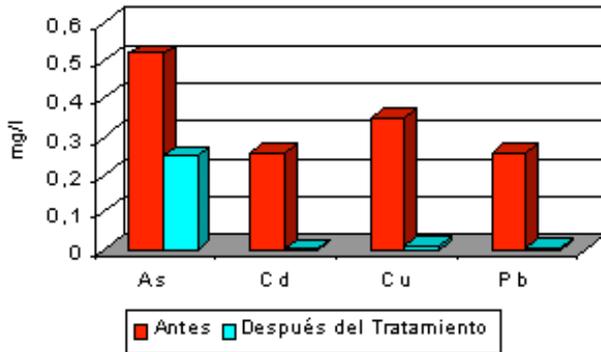
Los gráficos diagramados a continuación representan, cada uno de ellos, los resultados obtenidos antes y después de un tratamiento biológico mediante el empleo de bacterias no transgénicas aplicado de Residuos Mineros y Metales Pesados. Las sustancia tratadas son: arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), aluminio (Al), zinc (Zn) y manganeso (Mn).

Se sugiere analizar los gráficos y responder a las consignas que aparecen a continuación.

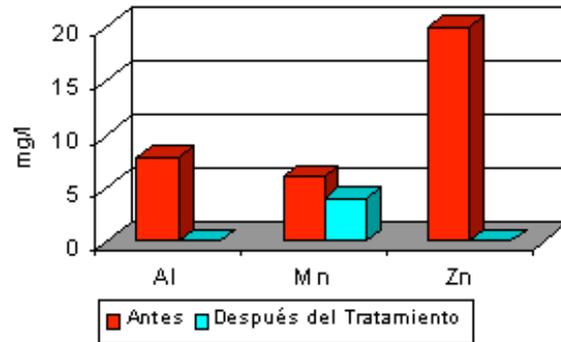
Nota para el docente: la siguiente actividad se aplica preferentemente a alumnos de Polimodal, o de EGB 3, ya que incluye aspectos vinculados con la interpretación y diseño de gráficos que pueden presentar cierta complejidad.



RESULTADOS DEL TRATAMIENTO



RESULTADOS DEL TRATAMIENTO



1. ¿Qué representan ambos gráficos?
2. ¿Qué muestran las barras de diferentes colores?
3. Explicar en qué consiste el tratamiento aplicado y cuál es su finalidad.
4. ¿Qué sucede con la concentración de los metales luego del tratamiento?
5. ¿Por qué se representan los resultados en dos gráficos por separado?
(**Nota para el docente:** a partir de esta pregunta se pretende analizar con los alumnos las diferentes escalas de concentración empleadas para graficar. Sería interesante analizar cómo se verían los resultados si se representaran todos en un único gráfico, con una escala común.)
6. ¿Qué se puede concluir a partir de estos resultados respecto de la eficacia del tratamiento empleado?
7. ¿Para cuáles de los compuestos tratados dirían que este método de tratamiento no resulta muy eficiente? ¿Cómo es posible determinarlo a partir de observar el gráfico?
(**Nota para el docente:** resulta interesante que los alumnos puedan determinar cuál sería el caso menos eficiente a partir de considerar la relación entre la concentración antes y después del tratamiento, independientemente de los valores absolutos de contaminante.)
8. ¿Qué solución podría ofrecer la biotecnología para los casos mencionados en la respuesta anterior, en los cuales los microorganismos empleados no logran resolver el problema de la contaminación?
9. Sugerir cómo sería el método de ingeniería genética que deberían aplicar los investigadores para desarrollar microorganismos capaces de degradar aquellos contaminantes más difíciles de degradar naturalmente.
(**Nota para el docente:** según el nivel de los alumnos y lo estudiado hasta el momento, se puede solicitar un menor o mayor nivel de detalle en esta respuesta.)

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



ACTIVIDAD 4. Biorremediación y análisis de datos

Nota para el docente: La siguiente actividad es similar a la anterior, pero ofrece la información en forma de datos numéricos organizados en una tabla, a partir de la cual los alumnos podrán representar los resultados en un gráfico. En este caso, también se podría trabajar con los alumnos la conveniencia de dividir los resultados en dos gráficos, según la escala de valores que se miden, determinar qué datos se representan en cada eje, etc.

En la siguiente actividad se presentan en una tabla los resultados de un tratamiento de descontaminación ambiental mediante el empleo de microorganismos.

DATOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO		
	Solución de Lixiviados mg/l	Después del Tratamiento Biológico mg/l
Cianuros de WAD	242	44
Cianuros Totales	284	57
Nitratos	32	0,8
Cobre	150	53
Zinc	0,02	0
Níquel	1,65	0,75
Hierro	1,57	2,23
Plata	0,88	0,015
Arsénico	0,332	0,047
Selenio	0,255	0,085
Mercurio	0,179	0,005
Cadmio	0,051	0,002
Cobalto	0,158	0,06

fuelle:<http://www.yloenvias.com/usuarios/ecopest-sl/bsr.htm>

1. A partir de la observación de la tabla construir un gráfico de barras para representar los resultados, teniendo en cuenta la concentración de los contaminantes antes y después del tratamiento biológico.
2. Analizar qué cambios se producen en las concentraciones de metales entre la solución de lixiviados (metales en solución acuosa) y después del tratamiento biológico. ¿Qué conclusiones se pueden sacar a partir de estos resultados respecto de la eficiencia del procedimiento para los diferentes contaminantes?
3. ¿En cuáles de estos casos sería útil desarrollar un método biotecnológico de tratamiento que mejore los resultados?

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



ACTIVIDAD 5. Lectura y análisis de artículos periodísticos

La siguiente actividad presenta dos artículos periodísticos vinculados al tema de este Cuaderno. Para ambos artículos, uno adaptado a Polimodal y el otro para EGB 2 o EGB 3. Se proponen actividades de análisis y comprensión del texto.

El primer artículo periodístico está referido al caso de derrame de petróleo por el hundimiento del barco Prestige en las costas de Galicia (España) ocurrido a finales de 2002.

Se proponen preguntas para analizar el artículo y consignas para evaluar la publicación.

Este artículo se adapta preferentemente al nivel Polimodal.

Luego, se ofrece otro artículo para leer y analizar que se adapta mejor para el trabajo con alumnos de EGB ya que su lenguaje y tratamiento del tema es más accesible. Además, resulta particularmente interesante para trabajarlo en el aula ya que relata una experiencia de biorremediación realizada en la Argentina.

Antes de leer el primer artículo se sugiere que los alumnos investiguen sobre el caso del Prestige en España: en qué año sucedió la catástrofe; causas y consecuencias de la misma y cuáles fueron los métodos de limpieza del medio ambiente utilizados. (Algunos datos se pueden encontrar en el Cuaderno n°36).

Artículo 1. Limpiarían con bacterias el fuel del *Prestige*

La oferta de colaboración permitiría completar la limpieza en zonas de difícil acceso (en playas y rocas) y acelerar la degradación del fuel.

Una oportunidad para las bacterias. La Universitat de Barcelona (UB) ha ofrecido al Ministerio de Ciencia y Tecnología un equipo de microbiólogos expertos en la degradación de los hidrocarburos mediante bacterias, para limpiar zonas costeras contaminadas por el fuel de “Prestige”.

Este ofrecimiento se aleja de las propuestas de inocular bacterias aisladas en laboratorio y plantea, en cambio, estimular los microorganismos que ya existen en la naturaleza y que han demostrado su capacidad para metabolizar hidrocarburos. Al frente del equipo se encuentra Anna María Solanas, profesora de Microbiología de la facultad de Biología (UB), que estudia desde hace 25 años la biodegradación de los hidrocarburos con cepas bacterianas.

Esta tecnología –denominada biorremediación– aprovecha la capacidad de los microorganismos para eliminar contaminantes (en agua, sedimentos o suelos) transformándolos en anhídrido carbónico y agua, productos que son inocuos.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Las bacterias, organismos unicelulares que se reproducen al dividirse incesantemente –y que están en la naturaleza desde hace más de 3.500 millones de años–, han desarrollado una gran “inventiva metabólica” para “ingerir” crudo.

La técnica concreta experimentada es la biorremediación dirigida, fórmula válida sobre todo una vez que se ha retirado la mayor parte del fuel de playas y rocas. Los microorganismos presentes en la naturaleza son estimulados mediante la oxigenación o la adición de nutrientes, como fósforo y nitrógeno (aunque se debe hacer un uso muy prudente y controlado). En cambio, no está demostrado que la inoculación de bacterias de laboratorio mejore la depuración.

Ayudar a la naturaleza

La profesora Solanas juzga que ésta es una buena fórmula para limpiar zonas costeras de difícil acceso y donde no haya una gran urgencia por actuar, teniendo en cuenta que la naturaleza haría su tarea más lentamente. “Nuestro tratamiento acelera ese proceso de degradación y perfecciona el trabajo que hacen los microorganismos de manera natural y, además, podríamos conocer los límites de esa degradación natural”, señala. Aun así, la profesora Solanas reconoce que el éxito de esta técnica puede quedar relativizado por el hecho de que el fuel del “Prestige” contiene una menor proporción de los componentes más biodegradables.

Este equipo de investigadores ha puesto de manifiesto que la actividad metabólica aumenta espectacularmente en función de la temperatura, de manera que en los meses de verano las poblaciones microbianas están más activas.

En el caso del fuel del mar, se propone que actúe la biorremediación natural, de manera que las bacterias trabajen solas, y se hace un mero control para comprobar cómo van desapareciendo el hidrocarburo por la biodegradación, fotooxidación y demás. “Actuar sobre el mar ofrece muchas dificultades, al ser un sistema abierto donde es complicado aplicar los posibles aditivos”, dice la profesora Solanas.

28 de enero de 2003

Fuente: <http://www.barrameda.com.ar/noticias/desast86.htm>

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Consignas para analizar el artículo

1. Resumir en el siguiente gráfico los contenidos centrales del artículo

Problema	Solución ofrecida por los expertos	Técnicas utilizadas para resolver el problema	Ventajas del procedimiento	Instituciones y/o personas que participan en la solución del problema	Fuente de la información y especialistas entrevistados (especialidad y lugar de trabajo)

Las siguientes consignas tienen por objetivo centrar la atención en párrafos y contenidos puntuales del artículo para analizarlo en profundidad y revisar los conceptos explicados en la sección teórica de este Cuaderno.

1. En el artículo se propone estimular los microorganismos que ya existen en la naturaleza. Indicar cómo se denomina esta metodología de biorremediación y en qué se diferencia de la bioaumentación.
2. ¿Cuáles son los cambios que se introducen en el ambiente para optimizar el medio en el cual actuarán las bacterias?
3. ¿Por qué el subtítulo que aparece en el texto menciona el término “ayudar” a la naturaleza? ¿Cuál es la tarea que hace por sí misma la naturaleza y cuál es la ayuda que se le brinda? ¿Por qué es necesario ayudar a la naturaleza en esta tarea?
4. El artículo expresa: “la profesora Solanas reconoce que el éxito de esta técnica puede quedar relativizado por el hecho de que el fuel del “Prestige” contiene una menor proporción de los componentes más biodegradables”. ¿Qué significa esta frase? ¿Cómo podría colaborar la biotecnología para mejorar el éxito de este procedimiento?
5. ¿En qué zonas se recomienda aplicar esta técnica? ¿Por qué la acción sobre el mar resulta más dificultosa? ¿Qué se hace en ese caso para descontaminar el mar?
6. Se podría afirmar que en el artículo se manifiesta cierta cautela a la hora de considerar los resultados de los procedimientos. Justificar la respuesta e indicar cómo se manifiesta esta cautela en el texto del artículo. (Ej. con el uso de verbos en tiempo condicional).

Nota para el docente: esta pregunta apunta no sólo a comprender los dichos de los especialistas consultados, sino a analizar el lenguaje empleado desde el título del artículo y en la advertencia acerca de la eficacia del procedimiento.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Artículo 2. Bacterias que comen hidrocarburos

En seis meses de trabajo científicos de la Universidad Nacional del Comahue limpiaron un lago contaminado con petróleo utilizando la técnica de biorremediación. Consiste en cultivar bacterias y hongos que se alimentan de hidrocarburos. Es la primera experiencia a gran escala en la Argentina.

Especialistas de la Universidad Nacional del Comahue devolvieron a una zona contaminada con petróleo sus características naturales con el cultivo de bacterias y hongos originarios de la provincia de Neuquén que se alimentan de hidrocarburos.

Gracias a la acción de esos microorganismos, la laguna que por varias décadas estuvo contaminada ahora podrá ser un precioso jardín o una provechosa huerta. La idea de utilizar esta técnica para solucionar problemas de derrame de petróleo data de principios de la década del setenta.

El trabajo fue realizado por los científicos de la Universidad en el yacimiento Medanitos, cerca de la localidad de Catriel al norte de la provincia de Río Negro. La biorremediación, como se lo llama a este procedimiento, requiere de varios pasos. Primero, elegir la familia de bacterias que mejor se adecuen al elemento contaminante y comprobar que se adaptaran al lugar donde van a ser introducidas para que no se conviertan en un peligro para el ecosistema. Y, segundo, las bacterias deberán recibir otros nutrientes que les permitan proliferar la zona que sufrió el derrame.

El equipo interdisciplinario de biólogos, químicos, ingenieros en petróleo e ingenieros agrónomos venía experimentando en esta área con bacterias y hongos de la región patagónica desde 1992. La experiencia es conocida como la primera en la Argentina a gran escala y con microorganismos autóctonos. Una compañía petrolera privada le confió al Instituto Universitario de Ciencias de la Salud que funciona en la órbita del Estado, la investigación, el análisis y los trabajos que se llevaron a cabo en el terreno.

"De las bacterias sólo sabemos que enferman, pero en este tipo de aplicaciones pueden ser un buen remedio para curar la contaminación producida por el hombre" dice un miembro del equipo. Los primeros informes indicaban que, efectivamente, la laguna había recibido hasta 1955 "aguas de purga". Esas aguas, que antes se vertían en los campos y ahora es obligatorio reinyectarlas a gran profundidad, salen de los pozos con restos de petróleo y un alto contenido de sales. En principio, y para tener un detalle acabado del lugar, las 10 hectáreas de la laguna fueron divididas en cuatro zonas. Dos en las que había un 30 por ciento de petróleo de promedio en el suelo, y dos, consideradas las más críticas, de tierras compactadas y arcillosas, y con el agravante de que la presencia de hidrocarburos en la superficie llegaba al 80 por ciento.

A simple vista, dicen los técnicos, la laguna contenía un alto porcentaje de sal y en algunos sectores tenía una capa de petróleo de más de cinco centímetros. El proceso es sencillo pero requiere de dedicación y trabajo. La directora del equipo, Graciela Pozzo Adrizzi, doctora en Ciencias del Suelo, explicó que en estos casos es necesario airear la tierra y disgregar el suelo para que la bacteria tenga un campo de acción más amplio y adecuado.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



"Si la tierra se secase, los microorganismos morirían deshidratados, ya que las bacterias son células pequeñas que trabajan intercambiando fluidos en el ambiente, explica Pozzo Adrizzi. Y es en los fluidos donde están las sustancias más importantes que le permiten degradar el petróleo".

En las áreas más favorables en apenas seis meses de trabajo se logró bajar el nivel de contaminación del 30 por ciento al 3 por ciento. En cambio en las zonas más compactas debieron remover el suelo hasta medio metro de profundidad, para que en otros seis meses poder pasar a la etapa de "fitorremediación", con plantación de pasturas que terminarán de extraer el resto de petróleo.

Estos microorganismos se alimentan de sustancias como metales pesados o hidrocarburos. Luego de fagocitarlos y metabolizarlos, los desechos que las bacterias devuelven al suelo son sustancias simples y dejan de ser dañinas. El pasto crecido será incinerado para quemar el hidrocarburo que contenga y después será incorporado nuevamente para agregarle materia orgánica a la tierra.

Finalmente, llegará la última parte del trabajo donde podrán plantarse los arbustos de la zona para devolverle al lugar su aspecto natural. Para esta fase se incorporarán los alumnos y profesores de la cátedra de Botánica del Centro Universitario que la Universidad tiene en Viedma con el fin de realizar las experiencias de reproducción de las plantas del desierto que naturalmente no se producen a gran escala.

Fuente: <http://www.oei.org.co/sii/entrega20/art08.htm>

Organización de Estados Iberoamericanos
Para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Consignas para el artículo 2:

- Dividir al curso en grupos de 4/5 alumnos.
 - Cada grupo recibirá un papel afiche / cartulina para confeccionar un poster.
1. Leer el artículo y ubicar la localidad en un mapa de Argentina, investigar características generales de la región (clima, flora, recursos).
 2. Leer el artículo y resumir su contenido en la cartulina que entrega el docente.

¿Cuál es el problema ambiental que se originó en la Patagonia?	¿Cuál fue la causa del problema? (contaminante y fuente de contaminación)	¿Cómo se solucionó el problema? (procedimiento o empleado)	¿Quiénes trabajaron en la solución del problema?	¿Cuáles fueron los logros?	¿Cuáles son las perspectivas a futuro?	¿Cuál es la fuente de información del artículo y los especialistas consultados (profesión y lugar de trabajo)?

3. Poner en común el trabajo realizado en cada grupo.
4. Responder las siguientes preguntas:

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- a. ¿Cómo se denomina en el texto del Cuaderno al segundo paso que menciona este artículo?
 - b. El artículo hace mención a una de las funciones negativas que se conocen de las bacterias. ¿Cuál es esa función?
 - c. ¿Cuál es la actividad positiva de las bacterias en el ambiente?
 - d. ¿Cuáles fueron los procedimientos realizados para asegurar que las bacterias pudieran actuar adecuadamente en la descontaminación de esta laguna? ¿Por qué los suelos arcillosos y compactos resultaban más complejos de limpiar?
 - e. ¿A qué se denomina fitorremediación? ¿Cuál es el objetivo de su aplicación?
5. A partir de la lectura de este artículo con alumnos de EGB 2 o EGB 3 se puede:
- a. Sugerir que cada grupo escriba un artículo donde cuente con sus propias palabras, en un lenguaje más simple y ameno este hecho sucedido en Argentina.
 - b. Sugerir que cada grupo arme un programa de TV o radio donde el periodista entrevista a un representante de la Univ. Del Comahue, un biólogo / ingeniero agrónomo u otro profesional que haya participado en la acción y al intendente de la localidad.
 - c. Luego se realizará una puesta en común de lectura de los artículos escritos por los grupos y / o la representación del programa de radio. Para hacerlo más ameno y entretenido, el docente puede llevar micrófonos, auriculares, un atril para la lectura de los artículos, disponer los bancos en círculo, etc.

Material de consulta

- Biorremediación: Reportaje al Dr. en Ciencias Bernardo González.
http://www.bioplanet.net/magazine/bio_julago_2001/bio_2001_julago_reportaje.htm
- Un ejemplo de la utilización de la biorremediación en minerías.
<http://www.yloenvias.com/usuarios/ecopest-sl/bsr.htm>
- Aplicación de la biorremediación en el derrame del Prestige en Galicia. <http://www.belt.es>
- Microbiología y metales pesados. Revista Química viva. Vol. 2, número 3, 2003.
www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar
- Marcon, Atilio. 1998. *Los medios de comunicación y la lectura del mundo actual. Propuestas para la Educación General Básica*. Colección Aportes para la transformación educativa. Ediciones CAMINOS.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.